

**COLLISION PREVENTION AID**

**Publication number:** JP62278700  
**Publication date:** 1987-12-03  
**Inventor:** KAIKAWA YOSHIMASA; OZAWA KANJI; SHONO TETSUJI  
**Applicant:** NIPPON KOKAN KK; JAPAN SHIPBUILDING RES ASS  
**Classification:**  
- **International:** **G01S13/93; G08G3/02; G01S13/00; G08G3/00; (IPC1-7): G01S13/93; G08G3/02**  
- **European:**  
**Application number:** JP19860121628 19860527  
**Priority number(s):** JP19860121628 19860527

**Report a data error here**

Abstract not available for JP62278700

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-278700

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)12月3日

G 08 G 3/02  
G 01 S 13/936821-5H  
7105-5J

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 衝突予防援助装置

⑯ 特 願 昭61-121628

⑰ 出 願 昭61(1986)5月27日

⑱ 発 明 者 貝 川 義 昌 横浜市旭区金が谷791の45

⑲ 発 明 者 小 沢 寛 治 横浜市港南区下永谷町2080の43

⑳ 発 明 者 庄 野 哲 司 横浜市金沢区釜利谷町2186の126

㉑ 出 願 人 日本鋼管株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

㉒ 出 願 人 社団法人 日本造船研究協会 東京都港区虎ノ門1丁目15番16号 船舶振興ビル8階

㉓ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

衝突予防援助装置

## 2. 特許請求の範囲

外部コンピュータにて船舶の操縦運動特性モデルを解いて変針および変速の何れか一方または両方に關わる一定距離内または一定時間内に実現可能な行動範囲を得るとともに、この行動範囲を複数に区分し、前記変針および変速の何れか一方または両方を組合せた全行動範囲マトリクスデータを作成する行動範囲マトリクス作成手段と、この行動範囲マトリクス作成手段により作成された全行動マトリクスデータを記憶する第1のメモリと、前記全行動範囲マトリクスの内、変針主体による行動マトリクスを記憶する第2のメモリと、前記全行動範囲マトリクスの内、変速主体による行動マトリクスを記憶する第3のメモリと、これらのメモリに記憶された行動マトリクスデータを選択的に取り出すメモリ選択手段と、衝突危険の発生時に前記メモリ選択手段で選択された行動マトリ

クスデータから行動の評価を行って最適避航航路を創出する避航航路創出手段とを備えたことを特徴とする衝突予防援助装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、船舶特に省人化船の安全航法に適用して好適な衝突予防援助装置に関する。

(従来技術)

従来の船舶においては衝突予防援助装置が備えられているが、これは単に衝突の危険を警報するだけであり、その後は専ら船長、航海士の経験とノウハウに基づいて避航航路を決定する方法をとっていた。

(発明が解決しようとする問題点)

ところで、船舶において衝突予防のための避航は航海の安全を遂行する上で不可欠な行動であるが、従来は以上のような技術手段を備えたものであるために、次のような問題点をかかえている。

①、衝突の危険は警報によって認識できるものの、それ以後の具体的な避航決定は船長、航海士の経

験およびノウハウにのみ基づいて行うものであり、この結果、人間が常時操船に携わるために省人化船には不向きなものである。

②、また、従来、コンピュータを用いて操縦運動特性数学モデルにより避航航路を演算により求める方法が理論的な解析により提案されているが、それを實際上リアルタイムに実行しようとする、超大型コンピュータが必要となり、コスト的に極めて高いものになり実現不可能なものと考えられていた。

本発明は以上のような問題点を解決するためになされたもので、小形コンピュータを用いて衝突危険時に高速、かつ、確実に避航航路を創出し得、実用的で信頼性の高い衝突予防援助装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

本発明による衝突予防援助装置によれば、外部コンピュータにて船舶の操縦運動特性モデルを解いて変針および変速の何れか一方または両方に関わる一定距離内または一定時間内に実現可能な行

動マトリクスデータを記憶し、衝突危険時に前記メモリ内の行動マトリクスの中から評価関数を用いて行動の評価を行うことにより、最適な避航航路を創出することができる。

(実施例)

以下、本発明の一実施例について第1図ないし第10図を参照して説明する。第1図は本発明装置のシステムブロック図、第2図は数学モデルの説明図、第3図ないし第9図は行動マトリクスの作成法を概念的に説明する図、第10図は行動範囲マトリクスデータの一例図である。

即ち、この装置は、大きく分けると、陸上において全行動範囲マトリクスデータを作成する行動範囲マトリクス作成手段10と、他船舶、固定障害物等の物標を把握追尾しながらその追尾データを出力するレーダ20と、計画航路データファイル31および電子海図ファイル32等より航路データおよび海図データ等を出力する航路設定装置30と、これらの構成要素10、20および30から出力されるデータを受取って最適避航航路を

動範囲を得るとともに、この行動範囲を複数に区分し、前記変針および変速の何れか一方または両方を組合せた全行動範囲マトリクスデータを作成する行動範囲マトリクス作成手段と、この行動範囲マトリクス作成手段により作成された全行動マトリクスデータを記憶する第1のメモリと、前記全行動範囲マトリクスの内、変針主体による行動マトリクスを記憶する第2のメモリと、前記全行動範囲マトリクスの内、変速主体による行動マトリクスを記憶する第3のメモリと、これらのメモリに記憶された行動マトリクスデータを選択的に取り出すメモリ選択手段と、衝突危険の発生時に前記メモリ選択手段で選択された行動マトリクスデータから行動の評価を行って最適避航航路を創出する避航航路創出手段とを備えたものである。

(作用)

従って、以上のような手段とすることにより、予め陸上のコンピュータで操縦運動特性数学モデルを解いてその出力から全行動マトリクスを作成した後、この行動マトリクスを船舶上のコンピュ

ー創出する装置本体40とにより構成されている。

前記行動範囲マトリクス作成手段10は、操縦運動特性数学モデル11を用いて陸上の大型コンピュータ12で行動範囲マトリクスデータを作成する。先ず、数学モデル11について説明する。一般に、数学モデルは船体の運動を表わす運動方程式をもって表わすことができる。この運動方程式は第2図に示す船体13の重心に原点を置いた座標系を用いて立てることができる。今、力とモーメントを船体中心回りで取り扱うと、運動方程式は例えば一例として(1)式で表わせる。

$$\begin{array}{lcl} m(\dot{u} - v r) = X & \text{前方方向} & \\ m(\dot{v} + u r) = Y & \text{左右方向} & \\ I_{zz} \dot{r} = N - Y \cdot x_g & \text{回転} & \end{array} \quad \dots \dots (1)$$

但し、 $m$ は船体13の質量、 $I_{zz}$ は船体の慣性モーメント、 $u$ 、 $v$ 、 $r$ は速度成分( $r$ は角速度)、 $X$ 、 $Y$ 、 $N$ は運動によって船体13、プロペラおよび舵に作用する流体力、 $x_g$ は船体中心と重心との距離(重心が前方にある場合には正)を表わす。また、第2図において $U$ は合速度、 $\phi$ は回頭

角、 $\beta$  は横流れ角  $\sin^{-1}(u/U)$ 、 $x_0$ 、 $y_0$  は固定座標系、 $F_H$  は舵直圧力、 $\delta$  は舵角である。

この数学モデルは、船体13、プロペラおよび舵の単独性能を基準として、その間の干渉を簡潔に表現しており、実船との相関や設計上の部分的修正を考慮できる形式となっている。

まず、 $X$ 、 $Y$ 、 $N$  は(2)式で表わす。

$$\begin{aligned} X &= X_{\dot{u}}\dot{u} + X_H(v, r) + X(u) \\ &\quad + (x_1 - t)T_{(up/nD)} + C_{RX}F_H \sin \delta \\ Y &= Y_{\dot{v}}\dot{v} + Y_{\dot{r}}\dot{r} + Y_H(v, r) + (1 - a_{ll})F_H \cos \delta \\ N &= N_{\dot{v}}\dot{v} + N_{\dot{r}}\dot{r} + N_H(v, r) \\ &\quad + (xR + a_{ll}xH)F_H \cos \delta \end{aligned} \quad \text{-----(2)}$$

ここで、 $Y_H(v, r)$ 、 $Y_H(v, r)$ 、 $N_H(v, r)$  は実験により求める。

$$\begin{aligned} X_H(v, r) &= (X_{vr} - Y_{\dot{v}})vr + X_{vv}v^2 + X_{rr}r^2 \\ Y_H(v, r) &= Y_{vr}v + (Y_r + X_{\dot{u}})r + Y_{vv}v^2 \\ &\quad + Y_{vr}vr^2 + Y_{rr}r^3 \\ N_H(v, r) &= N_{vv}v + N_{rr}r + N_{vv}v^2 + N_{vr}vr^2 \\ &\quad + N_{rr}r^3 \end{aligned}$$

$$F_H = -\frac{1}{2}\rho A_R U_R^2 f_\alpha(\lambda) \sin \alpha_R \quad \text{-----(5)}$$

$$f_\alpha(\lambda) = \frac{8.13\lambda}{(\lambda + 2.25)} \quad \text{-----(6)}$$

$$U_R^2 = u_R^2 + v_R^2 \quad \text{-----(7)}$$

$$\alpha_R = (\delta - \delta_0) + \tan^{-1}(v_R/u_R) \quad \text{-----(8)}$$

上式において、

$$u_R = u_{pe} \sqrt{1.0 + k_8 K_T / (\pi J^2)},$$

$$v_R = \tau v + C_{Rr}r + C_{Rrr}r^2 + C_{Rrv}r^2 v$$

であり、 $A_R$  は舵面積 ( $m^2$ )、 $\lambda$  は舵アスペクト比、 $\delta_0$  は直進時に舵直圧力が零となる舵角である。従って、本装置においては上記連立方程式を船上ではなく陸上の大型コンピュータ12を用いて予め綿密に計算し、その解から行動マトリクスデータを作成する。

この行動マトリクスデータの作成は例えば次のようにして行う。数学モデルを解いて船体13の運動を予測すると第3図に示すような軌跡となり、仮に速度が一定で舵角をパラメータとして軌跡を求めたとすると第4図に示すようになる。しかし、第4図において現時点0 ( $x_0$ ,  $y_0$ ) から

上式において  $X(u)$  は直進時の抵抗 ( $kg$ )、 $T$  はプロペラ水力 ( $kg$ )、 $F_H$  は舵直圧力 ( $kg$ ) である。上記(2)式中の  $X_H$ 、 $Y_H$ 、 $N_H$  は横流れ運動と回頭運動によって船体13に作用する流体力を表わす。操舵によって船体13に作用する流体力は右辺最終項で表わす。

プロペラ推力は、下記する(3)式のプロペラへの有効流入速度とプロペラ単独性能とから(4)式により求めることができる。

$$u_p' = u' \{ (1-v) + \tau \{ (v' + x_p r')^2 + C_{pv}v' + C_{pr}r' \} \} \quad \text{-----(3)}$$

$$T = \rho n^2 D^4 K_T (up/nD) \quad \text{-----(4)}$$

但し、 $n$  はプロペラ回転数 ( $rps$ )、 $D$  はプロペラ直径 ( $m$ )、 $K_T$  はプロペラ単独時のスラスト係数である。舵の直圧力は舵への有効流入速度と有効流入角とを用いて(5)式のように表わせる。 $f_\alpha(\mu)$  は一様流れ中の舵直圧力を表わし、(6)式で表わしている。また、有効流入速度は(7)式で表わし、有効流入角は(8)式で表わす。

ある一定距離  $R$  における位置群 ( $x_1$ ,  $y_1$ )、( $x_2$ ,  $y_2$ )、... を求めると第5図に示すようになる。今、最大速に舵を切った時にある一定距離運動した場合の未来位置を ( $x_s$ ,  $y_s$ ) とすれば、原点 ( $x_0$ ,  $y_0$ ) とその未来位置を結んだベクトルが運動の限界を示す。このベクトル角度を例えば第6図に示すように  $\Delta\theta_4$  としそれを4等分すれば、 $\Delta\theta_1 = (1/4)\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_2 = (2/4)\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_3 = (3/4)\Delta\theta_4$  と呼ぶことができる。しかも、 $\Delta\theta_4$  は変針量の  $\max$  であるから  $\Delta\theta_1 \sim \Delta\theta_3$  は実現可能である。

ここで、変針量  $\Delta\theta$  は船速  $v$  = 一定 (すなわち変速量  $\Delta v = 0$ ) の下に左右方向合せて9通り選択できる。従って、数学モデルを解いて増速 (加速)、減速の時間  $t$  経過を見ると、第7図に示すようになる。そこで、 $\Delta v$  と  $\Delta\theta$  の組合せにより行動マトリクスを考えると、第8図に示す如く多数の組合せができる。そして、それら1つ1つについて  $a_{11}(x_1, y_1, t_1)$ 、 $a_{12}(x_2,$

$y_2, t_2$ ), …のように記号を付することとする。船体13の運動は、実際上はなめらかな曲線(第9図a)となるが、大型コンピュータ12では直線の短いベクトルの集合にて近似してデータが得られる(第9図b)。従って、これらの可能な行動エレメント( $a_{ij}$ )の集合を各パラメータ(例えば水深)毎にまとめると、例えば第10図に示すような行動範囲マトリクスデータが得られる。すなわち、この大型コンピュータ12は操縦運動特性数学モデル11を解いて得られるデータから変針および変速の何れか1つまたは両方を用いて一定距離または一定時間内の実現可能な全行動範囲をデータ化し、それをいくつかに分け、変針および変速の組合せによる全行動範囲マトリクスデータを作成するものである。

前記装置本体40は、例えばフロッピーディスク等よりなる第1、第2および第3のメモリ41、42、43等を有し、第1のメモリ41には前記大型コンピュータ12で作成された全行動マトリクスデータが記憶され、第2のメモリ42には全

衝突危険度が高い場合にはその物標の信号を受けて避航航路創出手段46の処理を実行する。この避航航路創出手段46は衝突危険度計算手段45による計算結果から衝突危険度が高いと判断した時にその物標の信号を受け、前記メモリ選択手段44を経て入力される行動範囲マトリクスデータ中から行動評価を行って最適避航航路を創出するものである。

次に、以上のように構成された装置の動作を説明する。先ず、陸上にて大型コンピュータ12を用いて操縦運動特性数学モデルから種々のパラメータに基づいて実現可能な全行動範囲マトリクスデータを作成した後、大型コンピュータ12から装置本体40の各メモリ41～43に記憶させる。つまり、第1のメモリ41には全行動範囲マトリクスデータ、第2のメモリ42には全行動範囲マトリクスの中から変針主体による行動マトリクスデータ、第3のメモリ43には全行動範囲マトリクスの中から変速主体による行動マトリクスデータがそれぞれ記憶される。

行動マトリクスデータのうち変針主体による行動範囲マトリクスデータだけが記憶され、第3のメモリ43には全行動マトリクスデータのうち変速主体による行動マトリクスデータだけが記憶される。また、前記装置本体40にはスイッチまたはソフト的に切換え制御されるメモリ選択手段44、衝突危険度等を計算する衝突危険度計算手段45と避航航路を決定する避航航路創出手段46を実行するコンピュータ47およびディスプレイ48等を備えている。このメモリ選択手段44はスイッチの場合には人為的または電氣的な手段により適宜または時分割的に一定周期によりメモリ41～43を選択し、あるいはコンピュータ47によりプログラムの場合には制御信号の下にメモリ41～43を選択して行動範囲マトリクスデータを読出すものである。前記衝突危険度計算手段45はレーダ20からの追尾データから物標行動予測計算、最接近点CPA、最接近点迄の距離DCPA、最接近点迄の時間TCPA等の計算、衝突確率の計算および衝突危険度の計算等を行い、

しかして、以上のようにして行動範囲マトリクスデータを各メモリ41～43に記憶させた後、装置本体40は前記レーダ20より出力される追尾データを衝突危険度計算手段45で受けて物標の行動予測計算、最接近点の位置、距離および時間計算、衝突確率、危険度の計算等を行い、物標への衝突危険度が高い場合にはその物標のデータを逐次避航航路創出手段46へ送出する。ここで、人為的またはコンピュータ47より複数のメモリ41～43の中から1つのメモリを選択すべき制御信号を送出すると、メモリ選択手段44はその人為的またはコンピュータ47の制御信号に基づいて1つのメモリ41または42、43を選択し、そのメモリ内の行動マトリクスデータをコンピュータ47の避航航路創出手段46へ送出する。因みに、第1のメモリ41に記憶される全行動範囲マトリクスデータは常時全海域にて使用できるが、最適避航航路を創出するのに時間がかかり、従って、大洋とか沿岸等比較的交通量の少ない海域で使用するのが望ましい。また、変針

主体による行動範囲マトリクスデータはデータ数が少なく、最適避航航路の創出時間が早い。従って、港内等の比較的交通流の多い海域で使用するとか、推進機関の応答が遅い場合に使用して好適なものである。次に、変速主体による行動範囲マトリクスデータは同じくデータ数が少なく、最適避航航路の創出時間が早い。従って、左右が制限される航路帯とか幅の狭い海峡で使用するのに適している。このため、人為的またはコンピュータ47で行動範囲マトリクスデータを選択する時、以上のようなデータの性質を考慮して選択することになる。

そこで、コンピュータ47による避航航路創出手段46においては以上のようにしてメモリ41、または42、43から読出した行動マトリクスデータおよび物標データを用いて評価関数に基づいて評価を行う。今、評価関数をEとすると、

$$E = e_1 + e_2 + L_v$$

で表わすことができる。ここで、 $e_1$ は衝突危険評価（衝突確率による）、 $e_2$ は航海計画評価

～43に行動範囲マトリクスデータを記憶し、そのデータを用いて評価を行いながら避航航路を創出するために、船舶内には小形コンピュータを用意するだけでよく、しかも、高速的に計算可能であり、かつ、リアルタイムに動作して避航航路を創出できる。

なお、上記実施例はシステムブロック構成として説明したが、第1図の構成は小形の1台のコンピュータを用いて実現できることは言うまでもない。また、各メモリ41～43はコンピュータのRAM等に領域分けして持たせてもよいものである。

#### （発明の効果）

以上詳記したように本発明によれば、陸上の大型コンピュータで操縦運動特性数学モデルから全行動範囲マトリクスデータを作成し、これを船舶の装置本体のメモリに格納し、衝突危険度の高い時にメモリから行動範囲マトリクスデータを読出して避航航路を決定するので、船舶には小形のコンピュータを搭載するだけでよく、高速、かつ、

（計画航路からの変位量による）、 $L_v$ は法規等に関する評価（法規の遵守の度合）を意味する。従って、以上の評価関数Eに基づいてそのときの状態毎に最適行動を選択して航行すれば、安全な避航航路で航海することが可能である。また、コンピュータ47により創出された避航航路はディスプレイ48上に表示される。なお、その際、航路設定装置30内に保有する計画航路データファイル31の航路データおよび電子海図ファイル32の海図データ等を参照することは勿論である。

従って、以上のような実施例の構成によれば、予め陸上にて大型コンピュータ12を用いて操縦運動特性数学モデルから全行動範囲マトリクスデータを得るようにしたので、確実に信頼性の高い行動範囲マトリクスデータを作成できる。また、装置本体40においては複数のメモリ41～43を用意し、用途別に行動範囲マトリクスデータを記憶する様にしたので、船舶の現在の状況に応じて適宜選択的にデータを読出して適切に避航航路を決定することができる。また、予めメモリ41

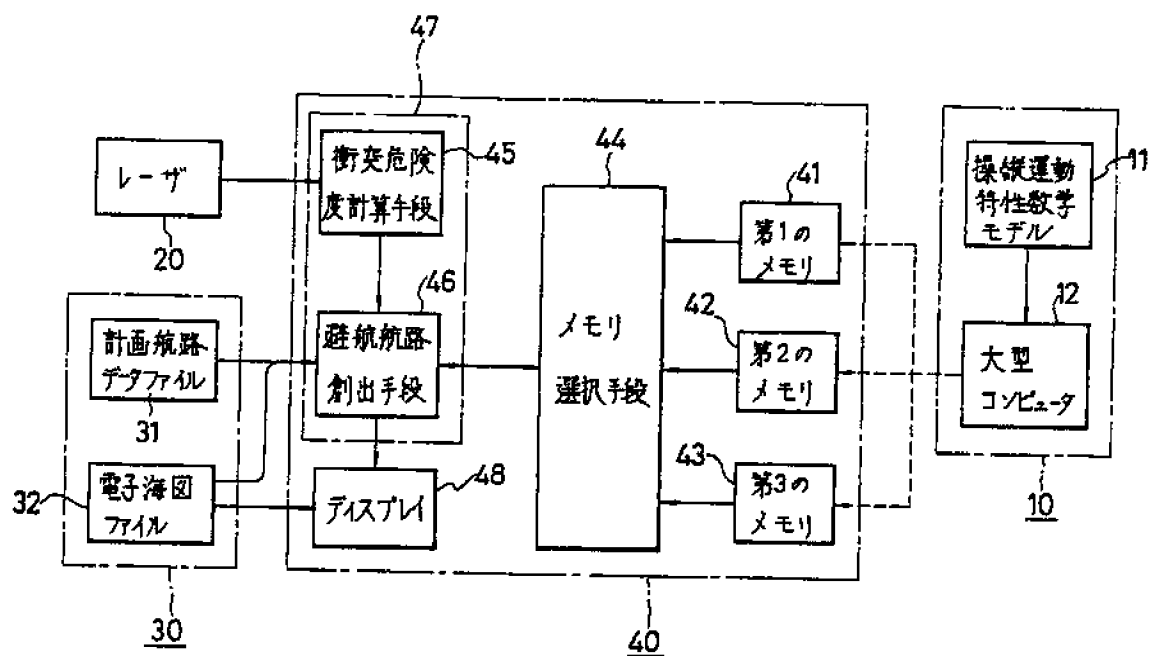
信頼性の高い航路をリアルタイムに動作して最適な避航航路を決定し得る衝突予防援助装置を提供できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

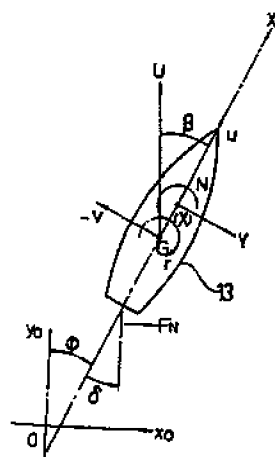
第1図ないし第10図は本発明に係わる衝突予防援助装置の一実施例を説明するために示したもので、第1図は本発明装置のシステムブロック図、第2図は数学モデルの説明図、第3図ないし第9図は行動マトリクスの作成法を概念的に説明する図、第10図は行動範囲マトリクスデータの一例図である。

10…行動範囲マトリクス作成手段、11…操縦運動特性数学モデル、12…大型コンピュータ、20…レーダ、30…航路設定装置、40…装置本体、41～43…メモリ、44…メモリ選択手段、45…衝突危険度計算手段、46…避航航路創出手段、47…コンピュータ、48…ディスプレイ。

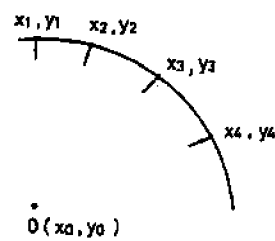
出願人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦



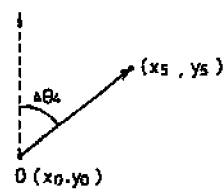
第 1 図



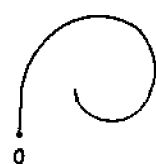
第 2 図



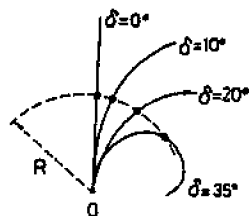
第 5 図



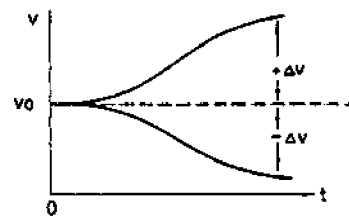
第 6 図



第 3 図



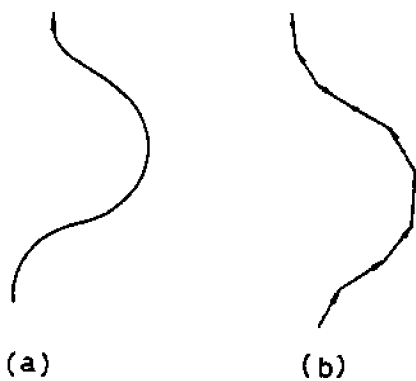
第 4 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図

変位量 変位量	$-\Delta\theta_4$	$-\Delta\theta_3$	$-\Delta\theta_2$	$-\Delta\theta_1$	0	$+\Delta\theta_1$	$+\Delta\theta_2$	$+\Delta\theta_3$	$+\Delta\theta_4$
$+\Delta v_4$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	$a_{17}$	$a_{18}$	$a_{19}$
$+\Delta v_3$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$	$a_{26}$	$a_{27}$	$a_{28}$	$a_{29}$
$+\Delta v_2$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$	$a_{35}$	$a_{36}$	$a_{37}$	$a_{38}$	$a_{39}$
$+\Delta v_1$	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$	$a_{45}$	$a_{46}$	$a_{47}$	$a_{48}$	$a_{49}$
0	$a_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$	$a_{54}$	$a_{55}$	$a_{56}$	$a_{57}$	$a_{58}$	$a_{59}$
$-\Delta v_1$	$a_{61}$	$a_{62}$	$a_{63}$	$a_{64}$	$a_{65}$	$a_{66}$	$a_{67}$	$a_{68}$	$a_{69}$
$-\Delta v_2$	$a_{71}$	$a_{72}$	$a_{73}$	$a_{74}$	$a_{75}$	$a_{76}$	$a_{77}$	$a_{78}$	$a_{79}$
$-\Delta v_3$	$a_{81}$	$a_{82}$	$a_{83}$	$a_{84}$	$a_{85}$	$a_{86}$	$a_{87}$	$a_{88}$	$a_{89}$
$-\Delta v_4$	$a_{91}$	$a_{92}$	$a_{93}$	$a_{94}$	$a_{95}$	$a_{96}$	$a_{97}$	$a_{98}$	$a_{99}$

第 10 図